

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **10090330 A**(43) Date of publication of application: **10.04.98**

(51) Int. Cl.

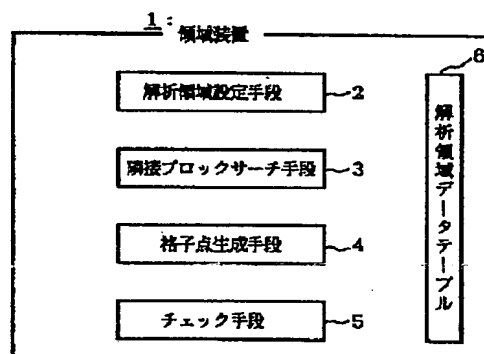
**G01R 29/08****// G06T 17/20**(21) Application number: **09116900**(22) Date of filing: **07.05.97**(30) Priority: **20.05.96 JP 08124162**(71) Applicant: **FUJITSU LTD**(72) Inventor: **NAMIKI TAKEFUMI****(54) ELECTROMAGNETIC WAVE ANALYZING APPARATUS****(57) Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To process a space discretely with good accuracy by automatically dividing and calculating lattice points corresponding to a designated division direction, a designated division count and a designated frequency, etc.

**SOLUTION:** A processing apparatus 1 consists of an analysis area-setting means 2, an adjacent block search means 3, a lattice point generation means 4, a check means 5, an analysis area data table 6, etc. The analysis area setting means 2 sets to the analysis area data table 6 information for each block within an area where electromagnetic waves are to be analyzed, the adjacent block search means 3 searches for adjacent blocks, and the lattice point generation means 4 calculates a dividing point for each block with reference to the information of the block in the analysis area data table 6 corresponding to the designation of a division direction, a division count and a frequency. At the same time, the division point is registered for each block of an area where an analysis is to be carried out on a screen as information of the subject block of the analysis area data table 6

corresponding to inputs of an electric conductivity  $\sigma$ , a magnetic permeability  $\mu$ , and a frequency  $\omega$  of electromagnetic waves.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-90330

(43) 公開日 平成10年(1998) 4月10日

(51) Int.Cl.<sup>4</sup>

識別記号

F I

G 0 1 R 29/08

G 0 1 R 29/08

Z

// G 0 6 T 17/20

G 0 6 F 15/60

6 1 2 J

審査請求 未請求 請求項の数5 OL (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平9-116900

(22) 出願日 平成9年(1997) 5月7日

(31) 優先権主張番号 特願平8-124162

(32) 優先日 平8 (1996) 5月20日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号

(72) 発明者 並木 武文

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

(74) 代理人 弁理士 岡田 守弘

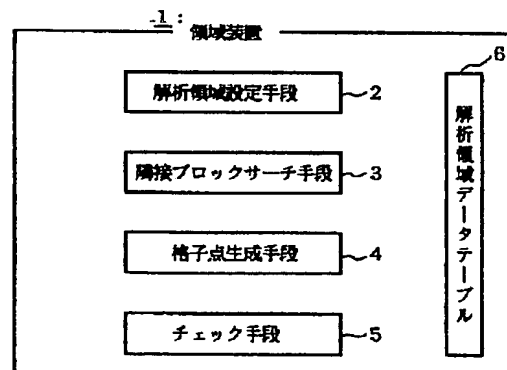
(54) 【発明の名称】 電磁波解析装置

(57) 【要約】

【課題】 本発明は、電磁波の解析を行う領域のデータを離散化する電磁波解析装置に関し、分割する方向、分割数、周波数などの指定に対応して、格子点を自動分割し計算量を少なくして精度良好な計算結果が得られるように空間を離散化することを目的とする。

【解決手段】 解析を行おうとする領域を分割したブロックの情報を登録する解析領域データテーブルと、分割する方向、分割数、および周波数の指定に対応して、解析領域データテーブルの各ブロックの情報を参照して各ブロックについて指定された分割する方向、分割数、および周波数をもとに分割点を計算する手段とを備えるように構成する。

本発明のシステムブロック図



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】電磁波の解析を行う領域のデータを離散化する電磁波解析装置において、分割する方向および周波数をもとに分割点を計算する手段とを備えたことを特徴とする電磁波解析装置。

【請求項2】上記分割する方向および周波数をもとにその方向、周波数において隣接する格子点上に定義される物性値の差がほぼ等しくなるように分割点を計算することを特徴とする請求項1記載の電磁波解析装置。

【請求項3】上記解析領域データテーブルの各ブロックの情報を参照して当該ブロックの指定された分割する方向の両側が絶縁体のときに当該ブロックを半分に分割して一方のみについて上記分割点の計算を行い、他方の分割点の計算を省略することを特徴とする請求項1あるいは請求項2記載の電磁波解析装置。

【請求項4】画面上で上記解析を行うとする領域の各ブロックについて電気伝導度 $\sigma$ 、透磁率 $\mu$ 、および電磁波の周波数 $\omega$ の入力に対応して、上記解析領域データテーブルの該当するブロックの情報として登録することを特徴とする請求項1ないし請求項3記載のいずれかの電磁波解析装置。

【請求項5】電磁波の解析を行う領域のデータを離散化する手段において、分割する方向および周波数をもとに分割点を計算する手段を機能させるプログラムを格納した記憶媒体。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電磁波の解析を行う領域のデータを離散化する電磁波解析装置に関するものである。

【0002】電磁波の挙動を電子計算機を使った数値計算によって解析実行するための効率良くかつ精度良好にするためのデータを自動生成することが望まれている。

## 【0003】

【従来の技術】従来、電磁波の挙動を電子計算機で数値計算する際に計算対象とする空間を離散化する場合、その離散間隔は、使用者の経験的な判断に基づいて手動的に設定するか、あるいは、自動的に設定するときでもその空間をいくつの領域に分割し、それぞれの領域に対して分割方向および分割数を指定し等分割して設定していた。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】従来は上述したように数値計算するために空間を離散化する場合、図9に示すように、等間隔に分割していたために、変化が大きい領域では精度が低下し、変化が小さい領域では精度は充分であるが計算量やメモリ量が多くなってしまいうなどが発生し、効率の良かつ精度良好に空間を離散化し得ないという問題があった。

【0005】例えば図9の(b)に示すように、電磁波

が右方向に絶縁体(誘電体)領域から金属導体領域に進入する場合、進入する電磁波の振幅は図9の(a)に示すように、境界面から内部にいくに従って指数関数的に減少する。これは、数値計算の上では、空間離散格子上の電磁界が境界面から内部にいくに従って指数関数的に減少することを意味する。一般的に、数値計算を実行する際の格子間隔は、物理量変動が急峻である部分は小さくし、物理量変動が緩慢である部分は大きくする必要がある。これは、格子間隔が小さいと、誤差は小さいが、格子数が増えて計算機のメモリや計算時間を多く必要としてしまい、格子間隔が大きいと、メモリや計算時間は少なくできるが、誤差が増大してしまうという関係がある。従って、物理量が指数関数的に変化するような領域では、上述した従来の指定された領域を等分割する空間離散格子生成では、格子数が必要以上に多くなってしまい、格子間隔が大きいと誤差が増えてしまうという問題が発生する。

【0006】本発明は、これらの問題を解決するため、分割する方向、分割数、周波数などの指定に対応して、格子点を自動分割し計算量を少なくして精度良好な計算結果が得られるように空間を離散化することを目的としている。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】図1を参照して課題を解決するための手段を説明する。図1において、処理装置1は、各種処理を行うものであって、解析領域設定手段2、隣接ブロックサーチ手段3、格子点生成手段4、チェック手段5、および解析領域データテーブル6などから構成されるものであり、図示外の記憶媒体からこれら手段を機能させるプログラムをそれぞれ図示外の主記憶上にローディングして起動し処理を実行させるものである。

【0008】解析領域設定手段2は、電磁波を解析しようとする領域を設定するものである。隣接ブロックサーチ手段3は、電磁波を解析しようとする領域内で隣接するブロックをサーチするものである。

【0009】格子点生成手段4は、ブロックについて解析領域データテーブル6を参照して分割し格子点を生成するものである。チェック手段5は、各種チェックを行うものである。

【0010】解析領域データテーブル6は、電磁波を解析しようとする領域内の各ブロックの情報(ブロックのサイズ、電気伝導度 $\sigma$ 、透磁率 $\mu$ 、および電磁波の周波数 $\omega$ などの情報)を登録するものである。

【0011】次に、動作を説明する。解析領域設定手段2が電磁波を解析しようとする領域内の各ブロックについて情報を解析領域データテーブル6に設定し、隣接ブロックサーチ手段3が隣接するブロックをサーチし、格子点生成手段4が分割する方向、分割数、および周波数の指定に対応して解析領域データテーブル6の該当ブ

ックの情報を参照してブロック毎の分割点を計算するようにしている。

【0012】この際に、各ブロックについて指定された分割する方向、分割数、および周波数をもとに誤差が等しくなるように分割点を計算するようにしている。また、解析領域データテーブル6の各ブロックの情報を参照してブロックの指定された分割する方向の両側が絶縁体のときにブロックを半分に分けて一方のみについて分割点の計算を行い、他方の分割点の計算を省略するようにしている。

【0013】また、画面上で解析を行うとする領域の各ブロックについて電気伝導率 $\sigma$ 、透磁率 $\mu$ 、および電磁波の周波数 $\omega$ の入力に対応して、解析領域データテーブル6の該当するブロックの情報として登録するようにしている。

【0014】従って、分割する方向、分割数、周波数などの指定に対応して、格子点を自動分割することにより、計算量を少なくして精度良好な計算結果が得られるように空間を自動的に離散化することが可能となる。

【0015】

【発明の実施の形態】次に、図2から図8を用いて本発明の実施の形態および動作を順次詳細に説明する。

【0016】図2は、本発明の動作説明フローチャートを示す。図2において、S1は、分割するブロックの指定を行う。これは、例えば後述する図7の(d)のブロック(12)のように、解析対象の領域内のブロックのうちから、格子点を分割するブロックを指定する。

【0017】S2は、自動分割するか判別する。これは、S1で分割を指定したブロックについて、自動分割するか否かを判別する。YESの場合には、S3に進む。NOの場合には、終了する(END)。

【0018】S3は、分割する方向(X or Y)、分割数(N)、最大周波数( $\omega$ )の入力を行う。これは、例えば後述する図7の(d)に示すように、自動分割を指定したブロックについて、分割する方向(X or Y)、分割数(N)、最大周波数( $\omega$ )、更に電気伝導率( $\sigma$ )、透磁率( $\rho$ )などを入力する。

【0019】S4は、絶縁体との境界をサーチする。これは、絶縁体から導体となる境界をサーチする。S5、S6は、両側が絶縁体の場合に2つの領域に分割する。これらは、金属導体の両側が絶縁体である場合、両側の絶縁体から金属導体に電磁波が進入して内部にいくに従い減衰し、両側で同じ減衰をするので、計算は2つの領域に分割して一方のみの格子点を計算すれば、他方は自動的に求められるので、2つの領域に分割し、S8、S9で一方の領域(ブロック)についてのみ格子点を計算するようにしたものである。

【0020】S7は、片側のみが絶縁体の場合には、絶縁体から金属導体に進入した電磁波を求めるために、S8、S9で格子点の生成を行う。S8は、 $\Delta = 1$ 、0

$-\exp(-(\mu\sigma\omega)/2)^{1/2} * L_{max}) / N$ を計算する。これは、分割する領域の分割する方向の長さ $L_{max}$ について、 $\mu\sigma\omega$ によって定まる値を分割数Nで除算し、分割する方向の格子点から次の格子点までの値(距離) $\Delta$ を求めたものである。

【0021】S9は、絶縁体との境界からの距離を $L_n$ 。とすると、

$$L_n = -(2/(\mu\sigma\omega)/2)^{1/2} * \log_e(1.0 - n * \Delta)$$

10  $n = 1 \sim N$

を求める。これは、S8で求めたある格子点から次の格子点までの値(距離)である $\Delta$ をもとに、絶縁体との境界を基点として当該基点から $\Delta$ 、 $2\Delta$ 、 $3\Delta$ 、 $4\Delta$ ・・・となる距離 $L_n$ を順次それぞれ求め、格子点の値(座標)としたものである。これにより、絶縁体と金属導体の境界から当該金属導体の内部に行くにしたがい、 $\Delta$ だけ順次小さくなる当該境界からの距離 $L_n$ ( $n = 1$ ないし $N$ )の値(格子点の座標)を求めることが可能となる。

20 【0022】以上によって、電磁波が絶縁体から金属導体に進入するときに、絶縁体と金属導体の境界から金属導体内部に向けて $\Delta$ だけ小さくなった境界からの距離 $L_n$ ( $n = 1 \sim N$ )を順次求めて、格子点の座標とすることにより、電磁波を解析しようとする領域内のブロックについて自動的に格子点に分割することが可能となる。以下順次詳細に説明する。

【0023】図3は、本発明の解析領域データテーブル例を示す。この解析領域データテーブル6は、電磁波が絶縁体から金属導体に進入するときに、解析しようとする領域内の各ブロックのサイズ、物性値、分割数などを登録して管理するものである。

【0024】・ブロックID: 解析しようとする領域内のブロックに付与したIDである。

・サイズ: 解析しようとする領域内のブロックのサイズである。

【0025】・物性値: ブロックの物性値であって、ここでは、最高周波数 $\omega$ 、透磁率 $\mu$ 、電気伝導率 $\sigma$ である。

・分割数: 分割する方向および分割数であって、例えばX方向に4分割である。

【0026】図4は、本発明の説明図(その1)を示す。図4の(a)は、電磁波が絶縁体から金属導体に進入する様子を模式的に示す。ここで、左側の絶縁体から右側の金属導体の方向に電磁波が進入すると、境界から金属導体の内部にいくに従い、減衰する。

【0027】図4の(b)は、電磁波が金属導体内で減衰する様子を模式的に示す。ここでは、境界から金属導体の内部にいくにしたがい、電磁波は指数関数的に図示のように減衰する。このときの減衰は、下記の(式1)によって表せる。

【0028】

$$E(x) = E_0 \cdot (-(\mu\sigma\omega/2))^{1/4} \cdot x \quad (\text{式1})$$

ここで、 $\mu$ ：透磁率 $\sigma$ ：透磁率 $\omega$ ：周波数 $x$ ：境界からの距離を表す。

【0029】ここで、本発明は、 $\mu$ 、 $\sigma$ 、 $\omega$ と金属導体領域の大きさ、分割方向、分割数に対応して、隣接したある格子点の $E(x_n)$ と次の格子点の $E(x_{n+1})$ との変化分 $\Delta E$ を一定となるように各格子点の座標 $(x)$ を決定すれば、格子点上での $E(x)$ の誤差をほぼ一定に保持し、最小限のメモリ容量で最小限の計算量で電磁波を解析することが可能となる。

【0030】図5は、本発明の説明図(その2)を示す。図5の(a)は、境界から金属導体内部にいくときの電磁波の減衰の様子を示す。この減衰は、上記(式1)に従い、指数関数的に減衰する。従って、隣接する格子点間の変化を一定にするには、図示のように $x$ 方向を分割すればよい。

【0031】図5の(b)は、隣接する格子点間の変化を一定にしたときの $x$ 方向(境界から金属導体内部に向かう方向)の分割の様子を示す。図示のように、境界の近傍では隣接する格子点間の距離 $x$ を小さくし、境界から離れるに従い隣接する格子点間の距離 $x$ を大きくすると、隣接する格子点間の電磁波の変化分を一定にし、メモリ量少なくして精度高い結果を得ることが可能となる。

【0032】次に、図6から図8を用いて本発明の具体例について詳細に説明する。図6ないし図8は、本発明の具体例説明図を示す。図6の(a)は、機能選択ボタンをクリックしてXY面を有するウィンドウをディスプレイ上に表示した状態を示す。

【0033】図6の(b)は、ウィンドウ上で左下および右上をマウスでクリックし、電磁波の解析を行う領域を指定した状態を示す。図6の(c)は、図6の(b)で指定した領域について、図示のように分割した状態を示す。ここでは、 $X$ 方向に3分割し、 $Y$ 方向に5分割し、合計15のブロック(1)ないし(15)を示す。この各ブロック(1)ないし(15)のサイズは、既述した図3の解析領域データテーブル6に、ブロックID(ブロック(1)ないし(15))に対応づけて各ブロックの左下座標および右上座標を登録する。

【0034】図7の(d)は、図6の(c)で分割した各ブロック毎に媒質の物性値を入力する状態を示す。これは、ウィンドウ上の各ブロックにマウスを移動して図示のような小ウィンドウを表示して当該小ウィンドウ上で物性値

・ $\epsilon$ ：電磁波の最高周波数・ $\mu$ ：媒質の透磁率・ $\sigma$ ：媒質の電気伝導率  
をそれぞれ入力する。

【0035】図7の(e)は、図7の(d)で電気伝導率 $\sigma$ が0以外の値を設定した場合(絶縁体以外の場合には、本発明に係るシステムが図示のように小ウィンドウを表示して格子点の自動分割するかどうかを問い合わせる(Metal Auto? YES/NO)ので、ここでは、YES(自動分割)を選択すると、図7の(f)の小ウィンドウが表示される。

【0036】図7の(f)は、自動分割するブロックの情報を入力するウィンドウを表示する。ここでは、図示のように、分割する方向として、 $X$ -direction( $X$ 方向)、分割数としてdivide No. 12(分割する12個)、最高周波数としてfrequency 1. e+9 Hzと入力する。

【0037】図8の(g)は、ブロック内について格子点を分割する様子を示す。これは、分割方向と分割数、更に $\epsilon\mu\sigma$ をもとに既述した図2のフローチャートのS8、S9に従い、分割方向に向けて分割数で隣接格子点間の電界 $E$ の大きさが一定になるようにここでは横方向( $X$ 方向)に分割した様子を示す。

【0038】図8の(h)は、同様にしてブロック(2)、(5)、(8)、(14)について $X$ 方向、および(10)、(12)について $Y$ 方向に自動分割した様子を示す。

【0039】図8の(i)は、図8の(h)の分割した格子点について $X$ 方向および $Y$ 方向に延長して領域全体に及ぼした様子を示す。以上によって、画面上で電磁波を解析しようとする全体の領域を指定し、当該領域内をブロックに分割し各ブロックについて物性値、分割方向、分割数を入力すると、自動的に各ブロック内で隣接格子点間の電磁界の変化分を一定とするように格子点を自動分割し、当該格子点で電磁界を数値計算することにより、誤差がほぼ一定でメモリ容量が小さくかつ計算量を少なくして迅速に電磁界を数値計算して求めることが可能となる。

【0040】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、分割する方向、分割数、周波数などの指定に対応して、格子点を自動分割する構成を採用しているため、計算量を少なくして精度良好な計算結果が得られるように空間を自動的に離散化することができる。これにより、ウィンドウ上で電磁波を解析しようとする全領域、当該全領域をブロックに分割、更にブロック毎に物性値、分割方向、分割数を設定するのみで、自動的に最適な格子点に分割して誤差が一定でメモリ容量を小さくかつ計算量を少なくした空間の離散化を行うことが可能となった。

50 【図面の簡単な説明】

- 【図1】本発明のシステムブロック図である。  
 【図2】本発明の動作説明フローチャートである。  
 【図3】本発明の解析領域データテーブル例である。  
 【図4】本発明の説明図（その1）である。  
 【図5】本発明の説明図（その2）である。  
 【図6】本発明の具体例説明図（その1）である。  
 【図7】本発明の具体例説明図（その2）である。  
 【図8】本発明の具体例説明図（その3）である。

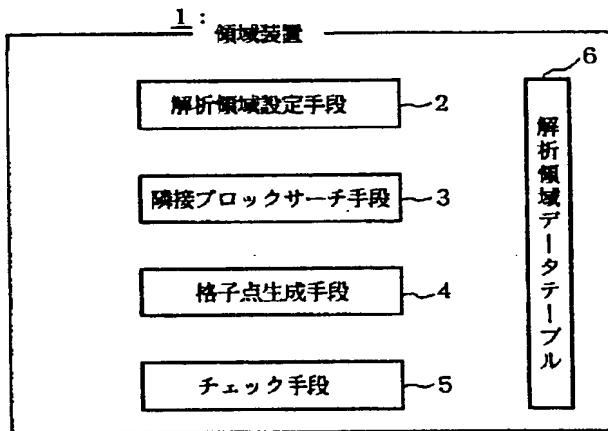
\*【図9】従来技術の説明図である；

【符号の説明】

- 1：処理装置  
 2：解析領域設定手段  
 3：隣接ブロックサーチ手段  
 4：格子点生成手段  
 5：チェック手段  
 \* 6：解析領域データテーブル

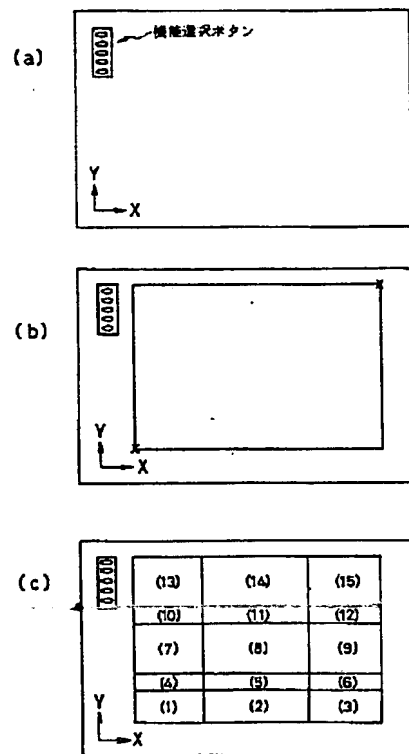
【図1】

本発明のシステムブロック図



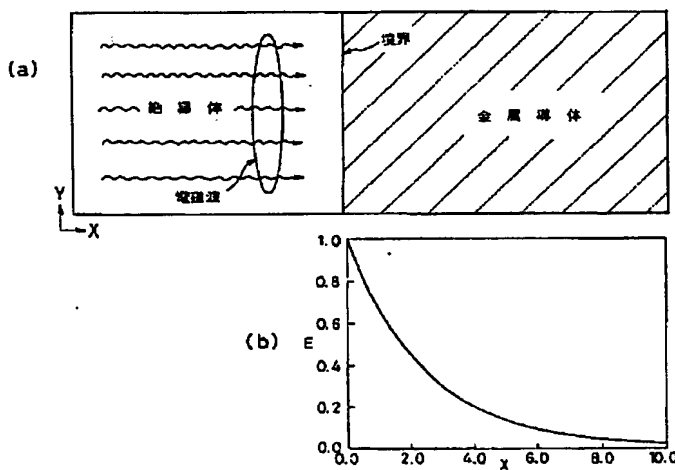
【図6】

本発明の具体例説明図（その1）



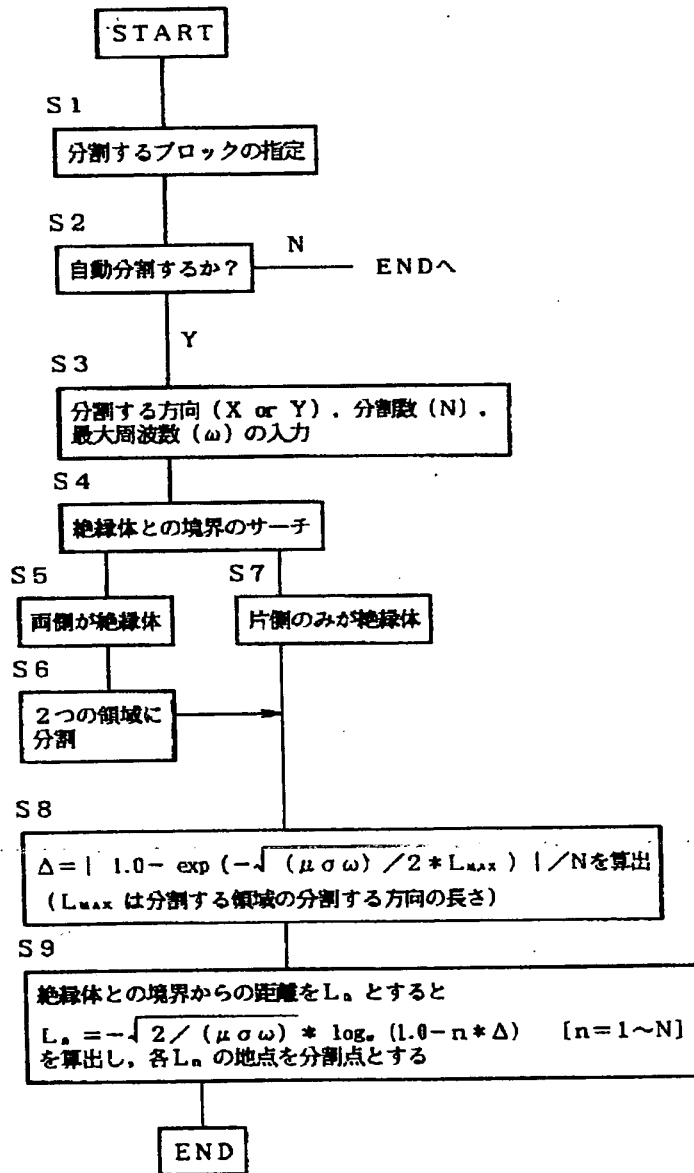
【図4】

本発明の説明図（その1）



【図2】

本発明の動作説明フローチャート





【図3】

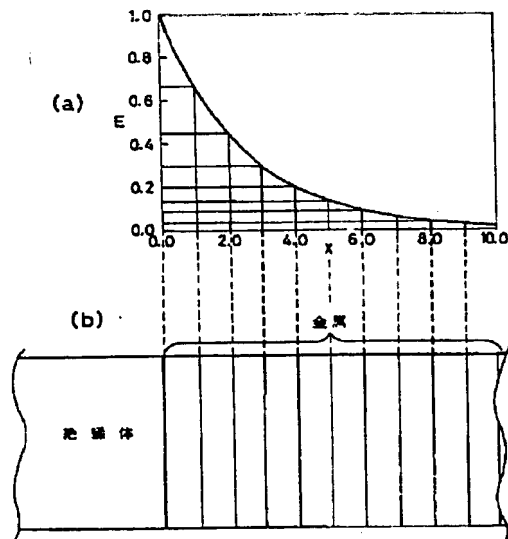
本発明の解析領域データテーブル例

6

ブロックID	サイズ	物性値	分割数
1	左下座標値 ( 0.0, 0.0) 右上座標値 ( 4.0, 2.0)	$\varepsilon$ ( 4.0 ) $\mu$ ( 1.0 ) $\sigma$ ( 0.0 )	X方向 (4) Y方向 (2)
2	左下座標値 ( 4.0, 0.0) 右上座標値 (10.0, 2.0)	$\varepsilon$ ( 4.0 ) $\mu$ ( 1.0 ) $\sigma$ ( 0.0 )	X方向 (6) Y方向 (2)
...			
14	左下座標値 ( 4.0, 7.0) 右上座標値 (10.0, 10.0)	$\varepsilon$ ( 1.0 ) $\mu$ ( 1.0 ) $\sigma$ ( 0.0 )	X方向 (6) Y方向 (3)
15	左下座標値 (10.0, 7.0) 右上座標値 (14.0, 10.0)	$\varepsilon$ ( 1.0 ) $\mu$ ( 1.0 ) $\sigma$ ( 0.0 )	X方向 (4) Y方向 (3)

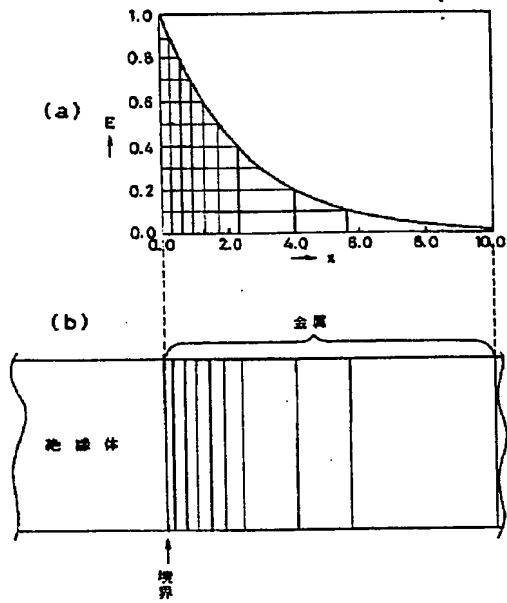
【図9】

発明技術の説明図



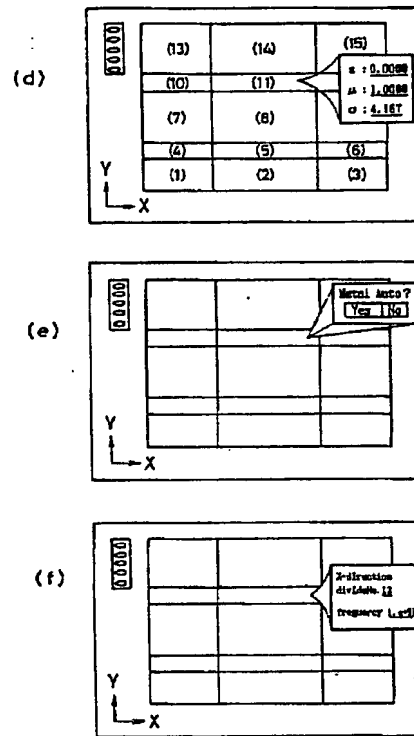
【図5】

本発明の説明図（その2）



【図7】

本発明の具体例説明図（その2）



【図8】

本発明の具体例説明図（その3）

